

	とみた まさひこ
氏名	富田 雅彦
学位	博士 (医学)
学位記番号	新大博(医)第1700号
学位授与の日付	平成18年9月21日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
博士論文名	Effects of an acute acoustic trauma on the representation of a voice onset time continuum in cat primary auditory cortex (ネコ大脳皮質一次聴覚野における有声開始時間を持つ音節に対する神経反応への急性音響外傷の影響)
論文審査委員	主査 教授 高橋 姿 副査 教授 澁木 克栄 副査 教授 車田 正男

博士論文の要旨

【背景】音声、特に英語の音声は母音と子音に分けられる。母音はフォルマント周波数からなり声帯振動で産出された音を口腔内で変化させ規定する。大脳ではフォルマント周波数と各母音の対照表があり比較し母音を弁別する。一方子音は呼気を口腔内で一部阻害させたり、共鳴させたりすることで発音される。調音方法や調音位置、音声産出時の声帯振動の有無により24音の子音が規定されている。子音の知覚は、子音個別に1音として知覚されず、母音に依存しており、母音を伴った1音節として認識されていると考えられている。

母音+子音という音節レベルで認識されている子音は、有声開始時間の違いからカテゴリー別に知覚されていると分ってきた。有声開始時間 (Voice onset time、以後 VOT と略) とは、/ba/や/pa/などの閉鎖子音+母音を例にとると、子音産出のための上下口唇閉鎖の開放から声帯振動開始までの時間の事である。声帯振動を伴わない子音 (t, p, k) からなる単語の発音では VOT が長く発音され、声帯振動を伴う子音 (d, b, g) からなる単語の発音では VOT は短く発音される。この長 VOT のグループと短 VOT のグループは重複が無く、2つのカテゴリーにはっきりと分れている。この VOT カテゴリーを元に人間は子音の知覚を行っている。人間に VOT を少しずつ延長させて音節を聞かせていくと、ある VOT を境に声帯振動を伴う子音から伴わない子音に突然、知覚が変化するのである。これをカテゴリー知覚という。人間は、0~70ms の VOT をもつ /ba/-/pa/ 音節を聞かせたとき VOT が 0ms のときは /ba/ と知覚し VOT が 25ms 以上の場合 /pa/ と知覚する。難聴者の言語知覚低下の一因として、時間分解能の低下が関係しているという報告がある。つまり老年者や難聴者でカテゴリー知覚が低下しているという報告である。

【実験概要】そこで、我々は、音響外傷性急性難聴のカテゴリー知覚への影響を大脳生理学的に検証した。まず、ケタミン麻酔下のネコの頭蓋骨左側頭部を除去し硬膜を開き、大脳皮質に4×2の電極（幅0.5mm格子状）を挿入し、0~70msのVOTをもつ/ba-/pa/音節を右耳に聞かせ、その時の神経反応を記録した。これにより大脳生理学的にカテゴリー知覚の存在を証明した。さらに、120dBの5~6キロHzの純音を一時間ネコに聞かせた音響外傷モデルをつくり、騒音性難聴形成前後でこのカテゴリー知覚の変化を解析した。つまり、/ba-/pa/音節を聞かせたときの神経反応を音響外傷前後で大脳皮質内の同じ電極挿入部位より記録し、比較検討した。

【結果】13匹の大脳皮質内46部位から神経反応の記録を得られた。音響外傷前後の聴性脳幹反応を比較すると、平均40dBの一過性高音部難聴が形成されており、大脳皮質での神経反応では10~20dBの閾値上昇が認められた（図3）。つまり音響外傷難聴モデルを作る事が出来た。子音と母音の両方に神経反応が得られる/ba-/pa/音節のうち最小のVOT値をもつ音節を、Minimum neural VOTと定義し（以後MNVOTと略）、この値の音響外傷前後の変化を調べた。31msのMNVOT平均値は音響外傷後35msに延長したが統計学的有意差は認められなかった。増加した神経ユニットの数は減少した神経ユニットより多かった（図6）。更にVOTを増加させたときの/a/音に対する最大神経反応量の変化も解析した。この神経反応量変化は、心理聴覚学的データとほぼ一致しカテゴリー知覚のパターンを形成していた。つまりVOTの変化を横軸に神経反応量を縦軸にして、/ba-/pa/音節中の/a/音に対する神経反応量をグラフに表したとき、S字状に変化し、MNVOT前後で急激に反応量が増加していた（図4）。このグラフ上の変化は、音響外傷後、やや傾きが緩やかになり、長いVOTへとシフトした（図8）。つまり音響外傷後カテゴリー知覚の正確性（/ba/と/pa/の弁別能）、すなわち、大脳皮質での時間分解能の低下が確認された。

【考察】これは難聴を伴う高齢者の音声弁別能低下の1要因と考えられた。我々は、この時間分解能低下は音響外傷に伴う神経発火後不応期の延長に起因するのではないかと考えている。末梢の蝸牛での難聴形成により、音の末梢から中枢への入力が少なくなり、中枢での神経ネットワークが変化する事で、この神経発火後の不応期の延長が引き起こされていると予想された。

(論文審査の要旨)

ヒトは閉鎖子音 (b, p) + 母音(a)からなる/ba/-/pa/音節を区別するのに、口唇閉鎖の開放から声帯振動開始までの有声開始時間 (Voice onset time, VOT) に依存している。VOTが0msの場合は/ba/と、25ms以上になると/pa/と知覚する。一方、感音難聴者の言語弁別能低下の一因として、聴覚の時間分解能低下が関係するという報告がある。申請者らは急性感音難聴モデルにより/ba/-/pa/音節知覚能の変化を検証した。

ケタミン麻酔下のネコ13匹の左頭蓋骨側頭部を除去して大脳皮質一次聴覚野に電極を挿入、0~70msのVOTをもつ/ba/-/pa/音節を右耳に聞かせ、神経活動を記録、次いで5~6kHzの純音120dBに1時間音響暴露して、再び神経活動を記録した。音響暴露では平均40dBの難聴モデルが形成された。難聴形成前後の神経反応を比較すると、/ba/-/pa/音節の知覚正確性、即ち時間分解能の低下が確認された。

この原因は、音響外傷により中枢への入力が増加して中枢神経ネットワークが変化し、神経発火後の不応期の延長が生じた結果と予想された。

以上、感音難聴者の音声弁別能低下の一要因を明らかにした点で学位論文の価値があると判断した。